

Abstoßfreie Kalidüngerproduktion

Neue Ergebnisse für die Werke Werra und Fulda der K+S Kali GmbH

30. Oktober 2013

Für den Vorstand: Dr. W. Hölzel

Inhalt

|Zusammenfassung|

Chemische Aspekte (Dr. Heiner Marx, K-UTEC AG)[1]

- Es ist sinnvoll, die Abwässer der K+S Kali GmbH als Rohstoffquelle zu verstehen und entsprechend zu behandeln.
- Es ist möglich, die Aufarbeitung aller Abwässer der K+S Kali GmbH in einer einzigen Anlage für jeden Standort zusammen zu fassen. Es ist nicht erforderlich, die zehn Abwässer einzeln aufzuarbeiten.
- Die Integration der Abwasserbehandlungsanlagen in die Altanlagen ist problemlos möglich.Es ist nicht nötig, in die jetzt betriebenen Aufbereitungsverfahren einzugreifen, die Abwasserbehandlungsanlage wird den Betrieben nachgeschaltet.
- In den Abwasserbehandlungsanlagen wird zunächst Kaliumchlorid-Dünger gewonnen. Das in den Abwässern enthaltenen Sulfat wird genutzt, um den wertvolleren Kaliumsulfat-Dünger herzustellen.
- Für dieses Konzept stehen drei unterschiedliche Verfahrenskombinationen zur Verfügung. Es muss noch untersucht werden, welche der drei Kombinationen die ökonomisch sinnvollste ist.
- Abhängig von der eingesetzten Verfahrenskombination sind Wertschöpfungen von 140 bis 160 Mio. Euro/Jahr zu erzielen.
- Alle vorgesehenen Einzelverfahren werden bereits in der Kali-Industrie eingesetzt. Sie entsprechen somit dem Stand der Technik. Lediglich die Auswahl und Abfolge der Einzelverfahren ist neu.
- Die entstehenden festen Reststoffe werden durch Versatz in die untertägigen Hohlräume beseitigt. Verbleibende Salzlaugen werden weiter eingedampft und nach chemischer Verfestigung ebenfalls versetzt. So ist eine abstoßfreie Düngerproduktion möglich.

Thermodynamische und ökonomische Aspekte (Prof. Dr. Peter Quicker, RWTH Aachen)[2]

- Es ist möglich, die Abwässer der K+S Kali GmbH energie- und CO_2-sparend mit der Abwärme von Kraftwerken einzudampfen. Dabei wird der Temperaturbereich von 140 bis 35 Grad Celsius genutzt.
- Die eingesetzte vierstufige Vakuumkristallisationsanlage erlaubt das fraktionierende Eindampfen der Abwässer. Eine Einfügung in die von der K-UTEC vorgeschlagenen Verfahren ist somit möglich.
- Die vierstufige Vakuumkristallisationsanlage benötigt nur ein Viertel der Dampfmenge, die eine herkömmliche Eindampfanlage beansprucht. Ein Vergleich des spezifischen CO_2-Anfalls (in kg/t Produkt) der Vakuumkristallisationsanlage mit den jetzt bei der K+S Kali GmbH angewandten Verfahren ist nicht möglich, weil das Unternehmen diese Zahl nicht veröffentlicht. Der Energiebedarf und der CO_2-Anfall liegen

aber unter denen der vom Unternehmen gebauten Eindampfanlage für die Abwässer aus Unterbreizbach.

- Das Eindampfen der Haldenabwässer aus Neuhof-Ellers ohne Wertstoffgewinnung und der untertägige Versatz der dabei anfallenden Reststoffe würden die am Standort Neuhof-Ellers erzeugten Produkte um weniger als drei Prozent verteuern. Diese Verteuerung liegt sehr deutlich unter den jährlichen Schwankungen der Düngerpreise und ist somit unerheblich und für das Unternehmen zumutbar.

- Das gemeinsame Eindampfen der Haldenlaugen aus Neuhof-Ellers und der Q-Lauge aus Wintershall (wie von K-UTEC 2012 vorgeschlagen) würde bei einer jährlichen Wertschöpfung von 54 Mio. Euro einen Gewinn von 30 Mio. Euro/Jahr ermöglichen.

- Die Sensitivitätsanalyse hat gezeigt, dass die ökonomischen Kennzahlen der Verfahren unempfindlich gegenüber Schwankungen der einzelnen Parameter sind. Selbst bei einer Halbierung der Düngerpreise und einer Verdopplung der Energiekosten würde die Anlage noch verlustfrei arbeiten.

|Vorbemerkung|

Im September 2011 hat die K-UTEC AG aus Sondershausen eine Untersuchung vorgelegt, zu der das Unternehmen von der K+S Kali GmbH beauftragt worden war. Es sollte untersucht werden, ob die Gewinnung von Wertstoffen aus Abstoßlösungen der K+S Kali GmbH machbar ist. Untersucht werden sollten zwei Abwässer, nämlich die Haldenlaugen aus Neuhof-Ellers und die so genannte Q-Lauge aus Wintershall.

Die Machbarkeit der Aufarbeitung konnte vermutet werden. Ein Vergleich mit Solen, die international zu Dünger aufgearbeitet werden, zeigt die vergleichsweise hohen Wertstoffgehalte der K+S-Abwässer:

Vergleich verschiedener Salzlösungen

Bezeichnung / Herkunft der Salzlösung		Wertkomponenten [g/l]			Nebenkomponenten [g/l]			
		KCl	$MgSO_4$	Na_2SO_4	$CaCl_2$	NaCl	$MgCl_2$	H_2O
Q-Lauge WI	Deutschland	90	68	---	---	119	130	867
Haldenlauge NE	Deutschland	24	63	---	---	112	36	942
Salinenmutterlauge	Österreich	90	---	65	---	248	---	855
Totes Meer	Israel / Jordanien	14-17	---	---	34	91	122	951
Atacama	Chile	35	32	---	---	250	16	890
Great Salt Lake	USA	8	17	---	---	185	10	895
Sebkhat El Melah	Tunesien	15	35	---	---	115	170	905
Rann of Kutch (Bittern)	Indien	17	48	---	---	205	77	890
Cañamac	Peru	7	17	---	---	202	48	898
Playa Khor	Iran	6	---	---	115	192	48	861

K-UTEC SALT TECHNOLOGIES

Abb. 1 Die Wertstoffgehalte der untersuchten Abwässer im Vergleich zu Solen, die international zu Kalium- und Magnesiumdünger aufgearbeitet werden; aus: Marx et al. 2012

K-UTEC AG Salt Technologies

Die K-UTEC AG ist ein international arbeitender Bergwerks- und Salztechnologiespezialist. Die Firma ist alleinige Rechtsnachfolgerin des ehemaligen Kali-Forschungsinstituts, das zu dem "VEB Kombinat Kali" gehörte, dem damals drittgrößten Kaliexporteur der Welt. "Ausgehend von diesem Hintergrund kann die Firma (...) auf mehr als 50 Jahre an Erfahrungen in der Kali- und Steinsalzindustrie zurückgreifen."[3]

In den Referenzlisten der K-UTEC AG finden sich neben Projekten in Deutschland und dem europäischen Ausland auch Projekte in Afrika, Arabien, Mittel- und Ostasien, Indien und Lateinamerika.

Das oben angesprochene Gutachten war in Auftrag gegeben worden, nachdem es in einer öffentlichen Sitzung der Arbeitsgruppe Fließgewässer des Bundestages gefordert worden war. Nach der Vorlage des Gutachtens im September 2011 wurde es zunächst von der Auftraggeberin verleugnet. Es konnte aber durch politische Einflussnahme erreicht werden, dass Teile des Gutachtens im September des folgenden Jahres dem Runden Tisch "Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion" vorgestellt werden durften.

Die Rolle des Runden Tisches

Dies war durchaus von Bedeutung, denn dem Runden Tisch war es in den Jahren 2008 bis 2010 angeblich nicht gelungen, Verfahren zu ermitteln, mit denen der Abstoß von Salzlaugen in den Betrieben des Fulda- und Werrareviers verringert werden könnte.[4]

Die Leitung des Runden Tisches hat sogar die Existenz solcher Verfahren pauschal in Abrede gestellt:

> *„Die Aussage, dass möglicherweise modernere und effizientere Verfahren, die bei anderen Anbietern angewandt werden, direkt auf K+S übertragbar sind, ist dagegen falsch.“* [5]
>
> *„Es gibt keine lokale Lösung, der Abstoß von Reststoffen ist durch technische Maßnahmen nicht zu reduzieren.“* [6]

Noch im Mai 2012 findet sich im Protokoll der 19. Sitzung des Runden Tisches der folgende, offensichtlich unzutreffende Hinweis:

> *„Die Fa. K-UTEC bestätigt, dass eine abwasserfreie Produktion an der Werra nicht möglich sei. Herr Kürzell verwies auf die dem Runden Tisch vorliegende Protokollnotiz eines Besuches bei K-UTEC, in der auch diese Aussage schon in 2009 dokumentiert ist.“* [7]

Am 18. September 2012 konnte der Vorstandsvorsitzende der K-UTEG AG, Dr. Heiner Marx, dem Runden Tisch die Ergebnisse der Expertise vorstellen.[8]

Die Mitglieder des Runden Tisches waren beeindruckt und haben beschlossen, von der K-UTEC AG auch die restlichen acht Abwässer der K+S Kali GmbH untersuchen zu lassen. Es sollte geklärt werden, ob sich die K-UTEC-Verfahren auch auf andere Abwässer übertragen lassen und ob somit eine Lösung der K+S-Entsorgungsproblematik gefunden werden könnte.

In einer Veröffentlichung in der gewässerpolitischen Zeitschrift Waterkant hat die K-UTEC AG noch einmal auf die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen hingewiesen und auch umschrieben, welche Untersuchungen für nötig gehalten werden:

> *"Zusammenfassend ist zu sagen, dass eine abstoßfreie Kalidüngerproduktion sowohl bei Neuprojekten als auch bei bestehenden Produktionsanlagen durchaus mit positiven technischen und ökonomischen Kennziffern realisiert werden kann. Eine pauschale Übertragung von Lösungswegen zur Vermeidung beziehungsweise Minimierung fester und flüssiger Produktionsrückstände (...) auf andere Standorte und Rohstoffvorkommen ist jedoch nicht möglich. Es sind stets individuelle, an den Standort angepasste Lösungen zu erarbeiten. Für die Entscheidungsfindung sind diese bezüglich ihrer technisch-ökonomischen Machbarkeit zu überprüfen."* [9]

Den Beschluss des Gremiums, weitere Untersuchungen in Auftrag zu geben, hat dessen Leitung jedoch nicht umgesetzt. Sie hat vielmehr zu einer weiteren Sitzung des Runden Tisches im Juni 2013 eingeladen, die als „Expertengespräch über technische Verminderungspotentiale für Salzabwasser" tituliert war. Sie wurde in Abwesenheit eines K-UTEC-Vertreters durchgeführt, die Leitung des Runden Tisches at stattdessen eine eigene Stellungnahme vorgelegt.[10]

In dieser Schrift wird der Versuch unternommen, auf sechs Schreibmaschinenseiten eine „Übersicht Kalidüngerproduktion und Rückstandsentsorgung weltweit" zu geben, die „Vom Runden Tisch 2010 empfohlenen Maßnahmen und deren Umsetzung" darzustellen und die „Umsetzbarkeit weitergehender Verfahren zur Verminderung von Abwasser im Werk Werra" zu bewerten. Die Werra-Weser-Anrainerkonferenz e.V. hat dazu eine Stellungnahme veröffentlicht.[11]

Das Quicker-Gutachten

Das Quicker-Gutachten lehnt sich eng an die K-UTEC-Expertise an. Ebenfalls für die Abwässer aus Neuhof-Ellers und Wintershall werden die Kosten für das fraktionierende Eindampfen der Abwässer ermittelt.

Es greift zudem einen Vorschlag von Ralf E.Krupp auf, der auf die Möglichkeit hingewiesen hatte, zum Eindampfen energie- und CO_2-sparend die Abwärme von Kraftwerken zu nutzen.[12] Für das fraktionierende Eindampfen bietet sich hier das mehrstufige Vakuumkristallisationsverfahren an:

> *"Zunächst ist es heute Stand der Technik, energieeffiziente mehrstufige Vakuum-Verdampfungsanlagen (Vakuum-Kristallisation) einzusetzen. Dabei wird in jeder Folgestufe der Wärmeinhalt der verdampften Lösung der vorherigen Stufe genutzt, um weitere Lösung zu verdampfen."* (Krupp a.a.O.)

Mit der Vorlage dieses Gutachtens ist erstmals eine geschlossene Aussage über zwei der Abwässer der K+S Kali GmbH möglich, nämlich zur chemisch-physikalischen und zur thermodynamisch-ökonomischen Machbarkeit ihrer Aufbereitung.

Es hat sich deshalb angeboten, beide Gutachten gemeinsam auch dem Runden Tisch zugänglich zu machen. Mit breiter politischer Unterstützung ist es gelungen, dies auf dessen 22. Sitzung am 24. September 2013 zu erreichen.

K-UTEC legt nach - Die Fortschreibung der Expertise von 2011

Erst bei seinem Vortrag am 24. 09.2013 vor dem Runden Tisch machte Dr. Marx deutlich, dass sein Unternehmen die Expertise von 2011 erweitert und das vom Runden Tisch 2012 beschlossene, aber nicht in Auftrag gegebene Gutachten auf eigene Kosten begonnen hatte. Er konnte nun ein Konzept für die rückstandsfreie Aufarbeitung aller Abwässer aus den Standorten Wintershall, Hattorf und Neuhof-Ellers vorstellen.

|Die neuen Ergebnisse aus Sondershausen|

Die Zielstellung des Konzepts ist ehrgeizig, sie strebt eine abstoßfreie Düngemittelproduktion an; sie lautet: *"Rückstandsfreie Aufbereitung der Abstoßlösungen aus dem Werk Werra"*.[13]

Die K-UTEC AG geht bei ihren Berechnungen von denjenigen 7 Mio. cbm Abfalllaugen aus, die K+S ab 2016 noch abstoßen will. Sie schließen die Haldenabwässer aus dem Werk Neuhof/Ellers ein. Nach Angaben der K+S Kali GmbH sind in den Abwässern folgende Salzmengen enthalten:

Prognose Salzwasseranfall ab 2016; Salzgehalte in kt/a	
KCl	**337,3**
$MgSO_4$	**431,5**
$MgCl_2$	**703,2**
NaCl	**854,1**
gesamt	**2326**

Tabelle 1 aus: Marx et al. 2013

Wegen des hohen Sulfatanteils schlägt die K-UTEC AG vor, auch das Sulfat zu verwerten und den höherwertigen Kaliumsulfatdünger herzustellen.

Grundprozess (s. Abb. 2)

Um ein möglichst konstantes Verhältnis von Kalium zu Sulfat zu erhalten, sollen die verschiedenen Abwässer der einzelnen Standorte gemischt werden. Das hat auch den Vorteil, dass man jeweils mit einer einzigen Aufbereitungsanlage pro Standort auskommt.

Die gemischten Abwässer werden nun eingedampft. Dabei fällt zunächst Natriumchlorid (NaCl) in Speisesalzqualität an (in Abb. 1 grün dargestellt). Es kann vermarktet, aber auch dem Streusalz beigemischt oder durch Versatz beseitigt werden.

In der nächsten Stufe werden die Kristallisate zu Kaliumsulfat (K_2SO_4) und Nebenprodukten weiter verarbeitet.

Die dann noch verbleibende Salzlösung enthält im Wesentlichen Magnesiumchlorid ($MgCl_2$). Sie wird weiter eingedampft, bis eine Konzentration von 400 bis 450 g $MgCl_2$/l erreicht ist. Die entstehende Suspension kann chemisch verfestigt und durch Versatz beseitigt werden.

Das bei der Kondensation des verdampften Wassers anfallende Destillat kann in den Aufbereitungsprozessen der K+S Kali GmbH das bisher verwendete Flusswasser ersetzen und Kosten für Wasserdienstleistungen mindern.

Die Werke an Werra und Fulda arbeiten dann abstoßfrei, die Versenkung von Abwässern in den Untergrund und die Direkteinleitung in die Fliede und die Werra können vollständig eingestellt werden. Damit entfällt auch die Notwendigkeit, die Abwässer zur "Fernentsorgung" über eine Rohrleitung zur Oberweser oder zur Nordsee zu transportieren.

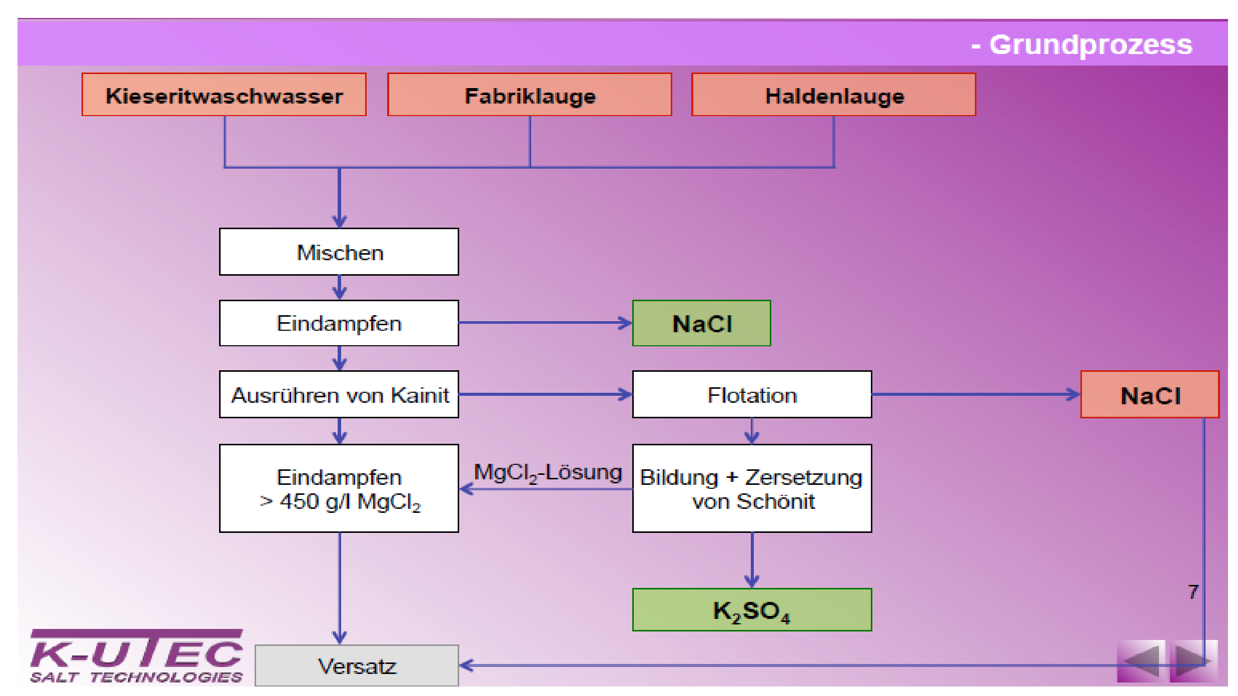


Abb. 2 Grundprozess; aus: Marx et al. 2013

Durch Vermischen der einzelnen Abwassersorten, gefolgt von dem Abscheiden des Siedesalzes, erhält man eine Salzlauge, in der das Kalium : Sulfat - Verhältnis für die anschließenden Prozesse noch nicht optimal ist. Aus Tabelle 1 errechnen sich folgende Konzentrationen der für die Umsetzung in Kaliumsulfat erforderlichen Ionen:

Ionenkonzentrationen nach Abscheiden des Natriumchlorids			
	g/l	**Mol/l**	**Mol/l gefordert**
K^+	**25,3**	**0,65**	**1,02**
Cl^-	**22,9**	**0,65**	**1,02**
Mg^{2+}	**12,4**	**0,51**	**0,51**
SO_4^{2-}	**49,2**	**0,51**	**0,51**

Tabelle 2; der Magnesiumchlorid-Anteil ist hier zur Verbesserung der Übersichtlichkeit herausgenommen

Aus Tabelle 2 errechnet sich ein Fehlbedarf von 0,37 Mol K^+/l. Um ein optimales K : Sulfat - Verhältnis einzustellen, schlägt K-UTEC drei Möglichkeiten vor:

A. Erhöhung der K^+-Konzentration durch Zugabe von Kaliumchlorid (**Prozessvariante A, s. Abb. 3**). Kaliumchlorid ist das Hauptprodukt der Rohsalzverarbeitung bei der K+S Kali GmbH. Es geht durch den Zusatz nicht verloren, sondern wird in das höherwertige Kaliumsulfat umgewandelt:

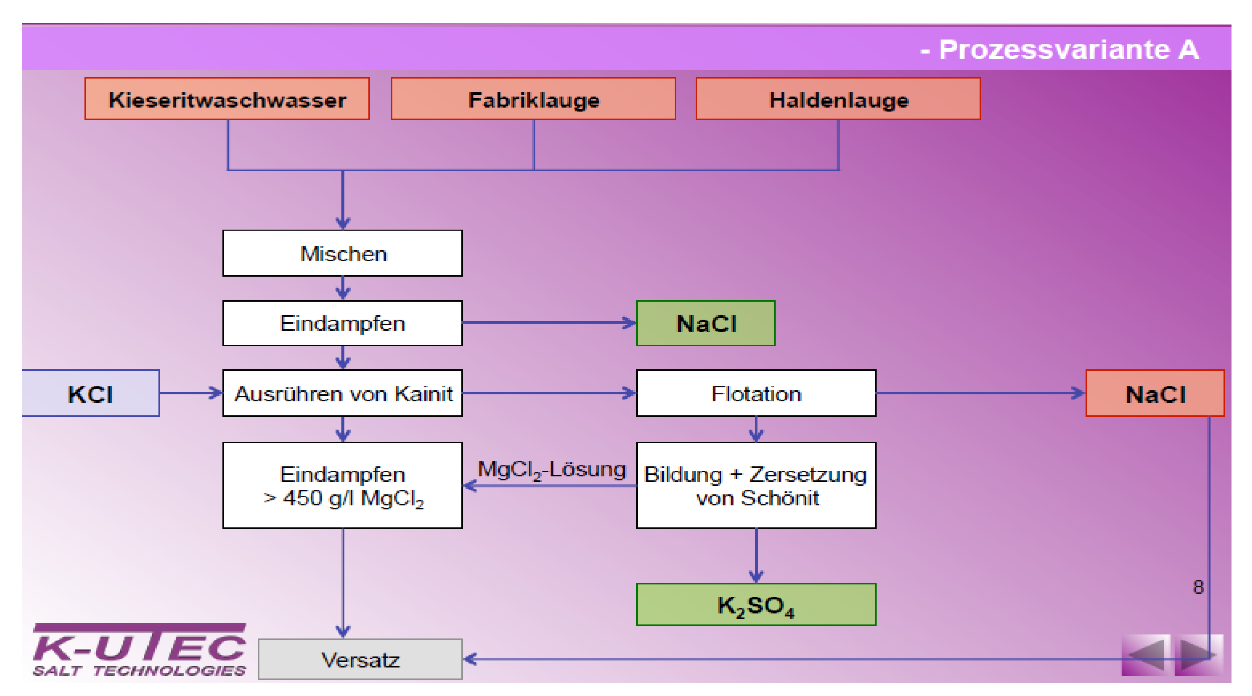


Abb. 3 Prozessvariante A; aus: Marx et al. 2013

B. Verminderung der Sulfatkonzentration durch Kühlen und Ausfällen von Natriumsulfat (**Prozessvariante B, s. Abb. 4**). Das Natriumsulfat kann als Chemierohstoff vermarktet werden:

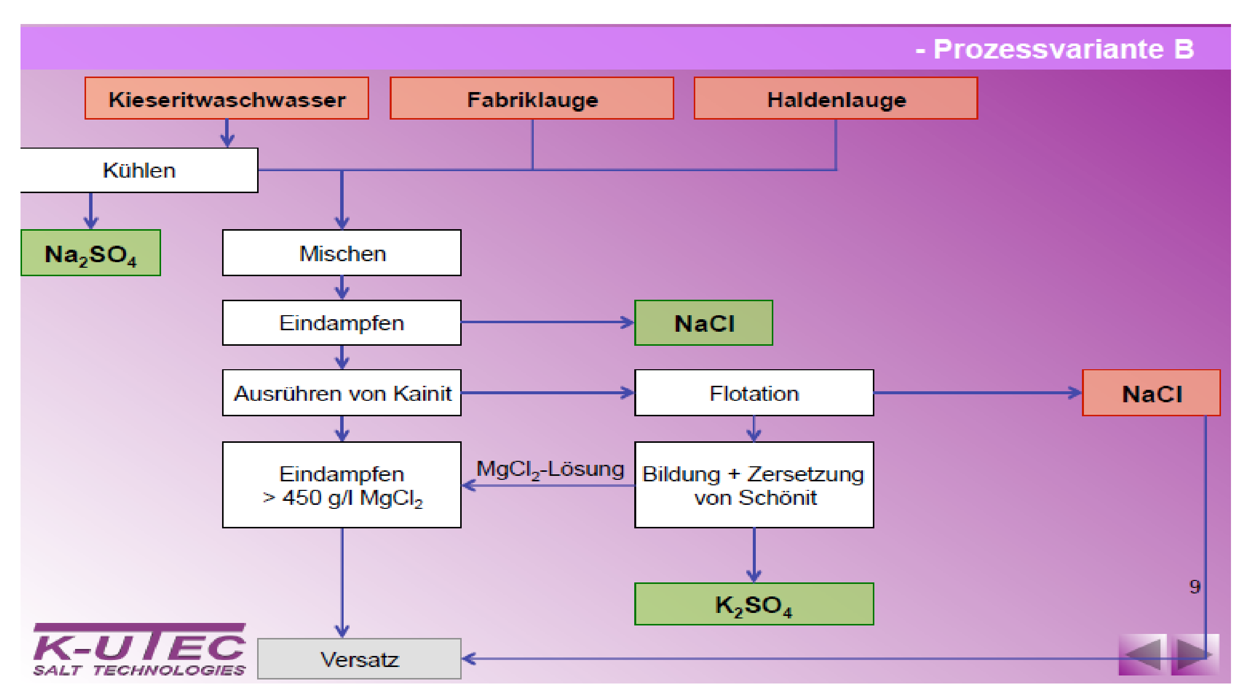


Abb. 4 Prozessvariante B; aus Marx et al. 2013

C. Verringerung der Sulfatkonzentration durch Änderung der Produkte: zusätzliche Herstellung von Kali-Magnesia-Dünger (Kaliumsulfat mit Magnesium, Patentkali). (**Prozessvariante C, s. Abb. 5**) Diese Düngerspezialität gehört bereits zum Produktspektrum der K+S Kali GmbH.

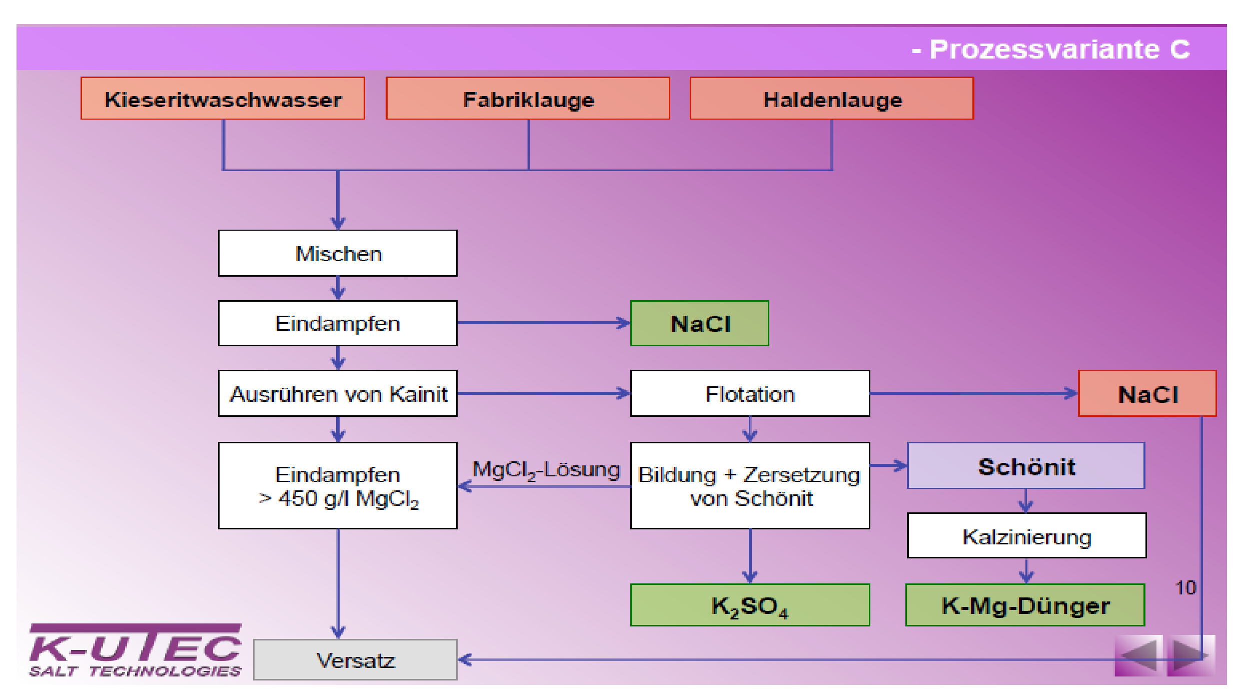


Abb. 5 Prozessvariante C; aus: Marx et al. 2013

Alle hier vorgestellten Prozessvarianten sind technisch praktikabel; alle Teilprozesse werden bereits in der Kali-Industrie eingesetzt und entsprechen somit dem Stand der Technik. Es muss allerdings noch überprüft werden, welche der Varianten die wirtschaftlich erfolgversprechendste ist. Die errechneten Wertschöpfungen sind in der Tabelle 3 zusammen gefasst :

Produkte und Erlöse							
		Variante A		**Variante B**		**Variante C**	
Produkt	**Preis**	**kt/a**	**Mio. €/a**	**kt/a**	**Mio. €/a**	**kt/a**	**Mio. €/a**
K_2SO_4	**300 €/t**	**440**	**132**	**375**	**113**	**295**	**89**
Na_2SO_4	**90 €/t**	**--**	**--**	**66**	**6**	**--**	**--**
K-Mg-Dünger	**200 €/t**	**--**	**--**	**--**	**--**	**135**	**27**
NaCl	**35 €/t**	**750**	**26**	**750**	**26**	**750**	**26**
Summe		**158 Mio. €/a**		**145 Mio. €/a**		**142 Mio. €/a**	

Tabelle 3 aus: Marx et al. 2013

Generelle Beseitigungsmöglichkeiten für feste Abfälle (nach: Marx et al. 2012)

Alle festen Reststoffe, die nicht zu vermarkten sind, können durch Versatz in die untertägigen Hohlräume beseitigt werden.

Der Versatz mit bergbaueigenen Abfällen macht den **Rückbau der Stützpfeiler** möglich, in denen noch 50 bis 60% der gesamten Lagerstätte enthalten sind.

Ca. 80 % der Stützpfeiler können zurück gebaut werden, somit erhöht sich die Ausbeute an Rohsalzen auf bis zu 90% und entsprechend verlängert sich die Laufzeit der Gruben.

Neben der Minimierung der Rückstände erreicht man durch den Versatz:

- eine **bessere geomechanische Stabilisierung** (Vermeidung von Bergschlägen, Verringerung der Senkungen)
- eine **längere Nutzung der Infrastruktur** untertage (geringere Abschreibungskosten)
- eine **verbesserte Wetterführung** (geringere Kosten und höhere Sicherheit).

Zusammenfassung

- Eine rückstandsfreie Aufbereitung der Lösungen ist technisch möglich.
- Alle Teilprozesse werden bereits in der Kali-Industrie eingesetzt; sie entsprechen somit dem Stand der Technik. Lediglich die Zusammenstellung der Verfahren ist neu.
- In dem nächsten Schritt müssen die drei Verfahrensvarianten wirtschaftlich bewertet werden. Dazu ist es erforderlich, die Verfahrensschritte mit den Originalabwässern bis zur Technikumsreife zu entwickeln.

|Das Quicker-Gutachten|

> *"Dr.-Ing. Peter Quicker ist seit August 2009 Universitätsprofessor für das Fach Technologie der Energierohstoffe der Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik der RWTH. Seine Forschungsschwerpunkte sind die energetische Nutzung von Biomasse, Reststoffen und fossilen Rohstoffen sowie die zugehörigen peripheren Prozesse, insbesondere die Abgasreinigung."* [14]

Aufgabenstellung

Die K-UTEC AG hatte sich 2011 in ihrer Expertise mit den chemisch-physikalischen Aspekten der Aufbereitung der K+S-Abwässer beschäftigt. Am Beispiel der Abwässer aus Neuhof-Ellers und Wintershall wurde gezeigt, wie die Wertstoffe durch fraktionierendes Eindampfen und/oder Tiefkühlen gewonnen, durch chemische Umsetzung veredelt die verbleibenden Reststoffe durch Versatz in die untertägigen Hohlräume beseitigt werden können.

Der K-UTEC-Expertise war von K+S entgegengehalten worden, dass sie keine Aussage zur Wirtschaftlichkeit der Aufbereitungs- und Beseitigungsverfahren enthalte. Die Stichhaltigkeit dieses Vorwurfs kann allerdings nicht überprüft werden, weil die Langfassung des Gutachtens bislang von K+S unter Verschluss gehalten wird. Es wäre al-

lerdings höchst verwunderlich, wenn K+S die Aufklärung der ökonomischen Aspekte nicht mit in Auftrag gegeben hätte oder wenn der K-UTEC AG diese Lücke vor Beginn der Arbeiten nicht aufgefallen wäre. Trotzdem schien es angezeigt diese Lücke zu füllen, um überprüfbare Aussagen zu der Wirtschaftlichkeit der K-UTEC-Verfahren machen zu können.

Das im Juli 2013 vorgelegte Gutachten sollte klären, ob die für das Eindampfen der K+S-Abwässer benötigte Energie kostengünstig und CO_2-sparend der Abwärme eines Kraftwerks entnommen werden kann und es sollte die Energie- und Abschreibungskosten aus den vorgeschlagenen Anlagen ermitteln.

Abwässer → / Wärme ↓	Neuhof-Ellers **allein** (Auslegung für 0,9 Mio. m³/a)	Neuhof-Ellers **mit Q-Lauge Wintershall** (Auslegung für 1,9 Mio. m³/a)
Großkraftwerk Mecklar (ca. 1100 MW_{el})	**NE-1** - vollständige Eindampfung - keine Wertstoffgewinnung - Versatz der Reststoffe - Errichtung Fernwärmeleitung Mecklar – Neuhof-Ellers (70 km)	**Q-NE-1** - fraktionierende Kristallisation - Wertstoffgewinnung - Versatz Mg-haltige Reststoffe - Errichtung Fernwärmeleitung von Mecklar nach Heringen (20 km) - Errichtung Soleleitung Neuhof-Ellers nach Heringen (70 km)
Dezentrales Kraftwerk vor Ort (ca. 22 bzw. 42 MW_{el})	**NE-2** - Vollständige Eindampfung - keine Wertstoffgewinnung - Versatz der Reststoffe	**Q-NE-2** - fraktionierende Kristallisation - Wertstoffgewinnung - Versatz Mg-haltige Reststoffe - Errichtung Soleleitung von Neuhof-Ellers nach Heringen (70 km)

Abb. 6 Im Rahmen der Studie betrachtete Szenarien der Abwassereindampfung; aus: Quicker 2013, S. 7

Für die gemeinsame Untersuchung der K-UTEC-Expertise (2012) und des Quicker-Gutachtens reicht es aus, nur das Szenario Q-NE-2 zu verwenden. Dort werden diejenigen Abwässer der K+S Kali GmbH betrachtet, die auch die K-UTEC AG in ihrer Expertise 2011 untersucht hatte: die Haldenlaugen aus Neuhof-Ellers und die Q-Lauge aus Wintershall.

So sollte es möglich sein, die technologischen und ökonomischen Kennziffern zu ermitteln, die in der K-UTEC-Expertise (2011) nicht enthalten sein sollen. Sollte es gelingen, die bisherigen Aussagen der K+S Kali GmbH und ihrer Gutachter zu widerlegen, so sind auch diesbezüglichen Aussagen zu den restlichen acht Abwässern nicht mehr als plausibel anzunehmen.

Ergebnisse

Die für das Gutachten benötigten Kennzahlen konnten aus naheliegenden Gründen nicht von K+S angefordert werden. Es konnten aber Daten aus der K-UTEC-Expertise sowie aus einem Gutachten der Fa. Ercosplan [15] genutzt werden, das im Jahre 2007 für K+S angefertigt worden war:

> *"Mit den Studien der Firmen ERCOSPLAN und K-UTEC stehen fundierte Erkenntnisse über das Eindampfverhalten der Abwässer aus dem Werk Neuhof-Ellers allein sowie über die Mischlauge aus diesen Abwässern und der Q-Lauge aus dem Werk Wintershall zur Verfügung. Da sich die Beschaffung von K+S-unabhängigen Expertisen zum Eindampfverhalten solcher Laugen als sehr schwierig darstellte, wurde auf die Daten der genannten beiden Praxisstudien zurückgegriffen. Dies hat den positiven Nebeneffekt, dass die Datenbasis in weiten Bereichen konsensfähig sein dürfte, da sie Studien entstammt, die von K+S in Auftrag gegeben wurden."* [16]

Der Strompreis wurde bei der European Energy Exchange in Leipzig abgefragt, der Gaspreis der Website „EnergieAgentur.NRW," [Online]. Available: http://infografik.ea-nrw.de/graph_bild/graph_PDD001.jpeg. [Zugriff am 2. Juli 2013]. Die Düngemittelpreise finden sich in Krupp (2011).

Ausgehend von dieser Datenbasis kommt das Gutachten zu dem Schluss:

> *"Als Gesamtfazit ist festzuhalten, dass eine Eindampfung der Abwässer aus dem Werk Neuhof-Ellers machbar ist und selbst ohne Reststoffverwertung und bei Entsorgung der erzeugten Kristallisate zumutbar erscheint.*
>
> *Ohne Gewinnung von Wertstoffen, bei vollständigem Versatz des erzeugten Reststoffs, sind jährliche Kosten in Höhe von rund 10 Mio. € zu erwarten – unabhängig davon, ob die Wärmebereitstellung durch ein lokales kleineres oder ein weiter entferntes Großkraftwerk erfolgt. Umgerechnet auf die jährliche Salzproduktion in Neuhof-Ellers ergäbe sich hierdurch eine zusätzliche Belastung von etwa 0,75 Cent pro Kilogramm produziertem Düngemittel.*
>
> *Die seitens der Firma K-UTEC AG publizierten Unterlagen lassen den Schluss zu, dass eine gemeinsame fraktionierende Kristallisation der Haldenabwässer aus Neuhof-Ellers mit der Q-Lauge aus Wintershall die Produktion weiterer Wertstoffe in einem solchen Umfang erlauben würde, dass sich das Verfahren bereits in kurzer Zeit amortisieren sollte. Bei üblichen wirtschaftlichen Randbedingungen sind Erträge von über 30 Mio. €/a zu erwarten."* [17]

Sensitivitätsbetrachtung

Die benötigten Kennzahlen (z.B. Investitionskosten, Energiekosten, Versatzkosten, Verkaufspreise für Kalidünger) gehen in recht komplexer Art in die Berechnungen ein. Ändern sich diese Parameter, dann lassen sich die Auswirkungen nicht direkt abschätzen, sondern sind nur durch eine Sensitivitätsbetrachtung zu ermitteln:

> *"Viele der Rand- und Rahmenbedingungen im Rahmen dieser Studie unterliegen in der Realität starken Schwankungen, wie z.B. die Preise für Gas und Strom. Andere der verwendeten Daten sind mit großen Unsicherheiten behaftet, wie z.B. die Investitionskosten für das Kristallisationsverfahren, die Fernwärme- und Solepipeline.*
>
> *Aus diesem Grund wurden verschiedene optional bedeutsame Parameter hinsichtlich ihrer Sensitivität auf das Gesamtergebnis hin analysiert. Konkret erfolgte dies, indem der jeweilige Parameter (Investitionskosten, Energiepreise etc.) im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsrechnung verändert und dabei die Auswirkungen auf die Gesamtkosten betrachtet wurden. In den nächsten Unterkapiteln sind die Ergebnisse der Sensitivitätsbetrachtung graphisch, in sogenannten Sensitivitätsdiagrammen, dargestellt."* [18]

Im Rahmen des Gutachtens wurden Sensitivitätsbetrachtungen für folgende Parameter durchgeführt:

- Investitionskosten
- Energiekosten
- Verkaufspreise für Kalidünger
- Kosten für die Beseitigung der Reststoffe durch Versatz

Investitionskosten

Abb. 7 zeigt die Abhängigkeit des Betriebsergebnisses von den Investitionskosten. Dargestellt ist der Bereich von 50% bis 150% der angenommenen Betriebskosten.

Der Kurvenverlauf für das hier relevante Szenario Q-NE-2 zeigt, dass das Betriebsergebnis von ca. 32 Mio. €/Jahr auf 28 Mio. €/Jahr sinkt, wenn sich die Investitionen um 50% erhöhen sollten; dies entspricht einer Minderung des Betriebsergebnisses von nur 13%. Sie wird vom Gutachter als moderat eingestuft.

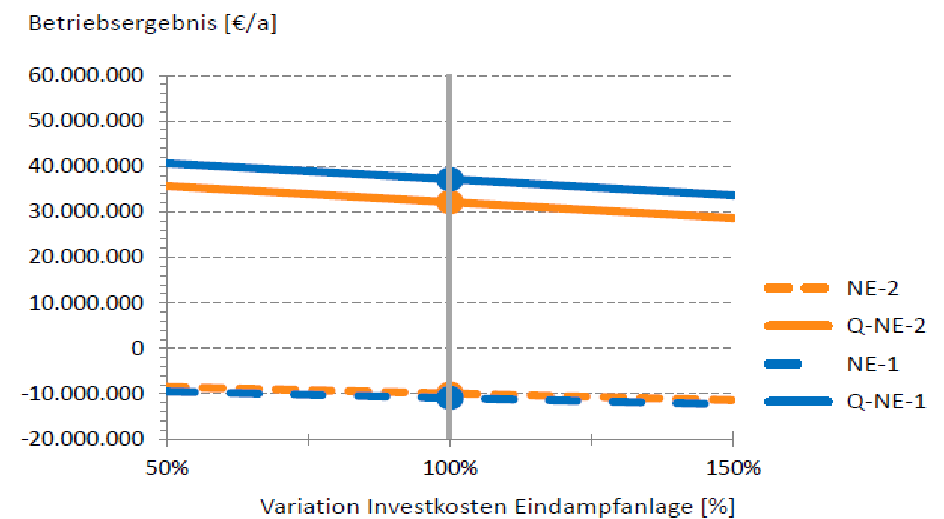


Abb. 7 Sensitivität des Betriebsergebnisses bezüglich der Investitionskosten für die Errichtung der Eindampfanlage; aus: Quicker 2013, S. 28

Energiekosten

Bei den Energiekosten haben wir eine gegenläufige Kostenentwicklung zu beachten. Die Eindampfanlage soll mit der Abwärme eines GuD-Kraftwerks betrieben werden, das seinerseits mit der Stromerzeugung Gewinne erwirtschaften soll. Während ein steigender Gaspreis das Betriebsergebnis belastet, führt ein steigender Stromverkaufspreis zu steigenden Betriebseinnahmen. Abb. 8 kann entnommen werden, dass das Betriebsergebnis für das Szenario Q-NE-2 um ca. 31% sinkt, wenn der Gaseinkaufspreis um 50% steigt:

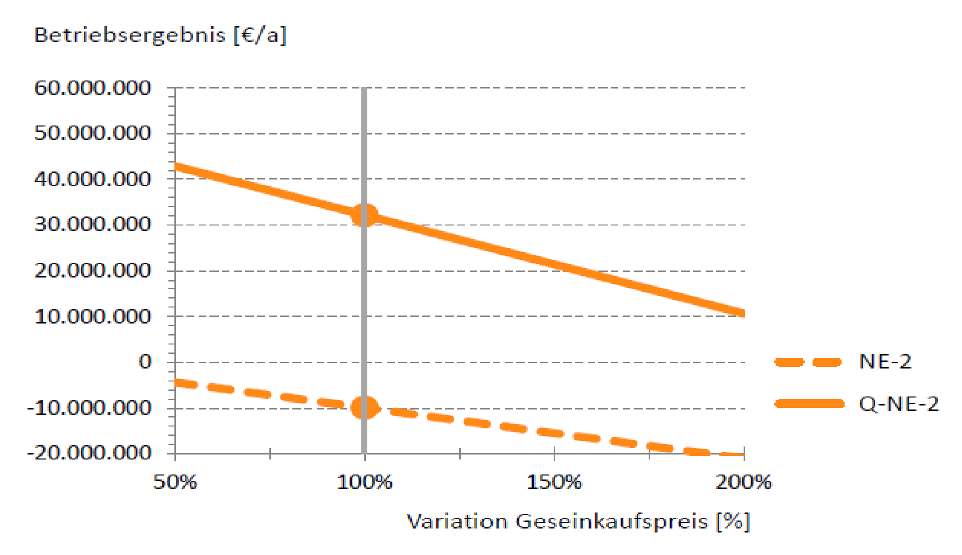


Abb. 8 Sensitivität des Betriebsergebnisses bezüglich des Gaseinkaufspreises; aus Quicker 2013, S. 31

Eine Steigerung des Stromverkaufspreises wirkt sich dagegen positiv auf das Betriebsergebnis aus. Hier führt ein Anstieg des Gaseinkaufspreises um 50% zu einer Steigerung des Betriebsergebnisses um 25 %:

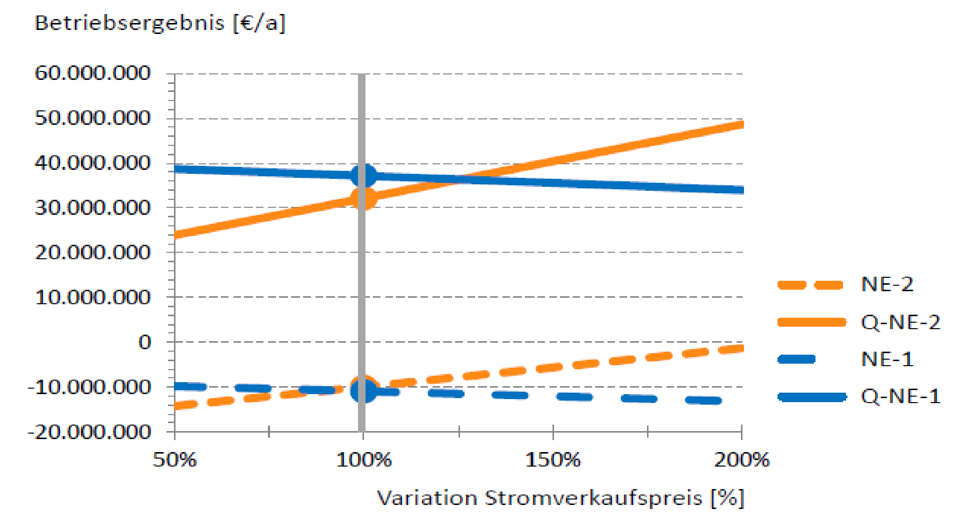


Abb. 9 Sensitivität des Betriebsergebnisses bezüglich des Stromverkaufspreises; aus: Quicker 2013, S. 30

Man kann davon ausgehen, dass eine Steigerung des Gaspreises auch zu einem Anstieg des Stromverkaufspreises führen wird, so dass sich die Effekte gegenseitig fast aufheben. Der Einfluss der Energiepreisentwicklung auf das Betriebsergebnis kann deshalb als gering eingestuft werden.

Verkaufspreis für Kalidünger

Einen starken Einfluss auf das Betriebsergebnis hat selbstverständlich der Verkaufspreis für Kalidünger, hier der Preis für Kaliumsulfat. Abb. 10 zeigt aber, dass die Eindampfanlage auch dann noch verlustfrei arbeitet, wenn der Preis für Kaliumsulfat um 50% sinkt und dann bei 225 € /t K_2SO_4 liegt:

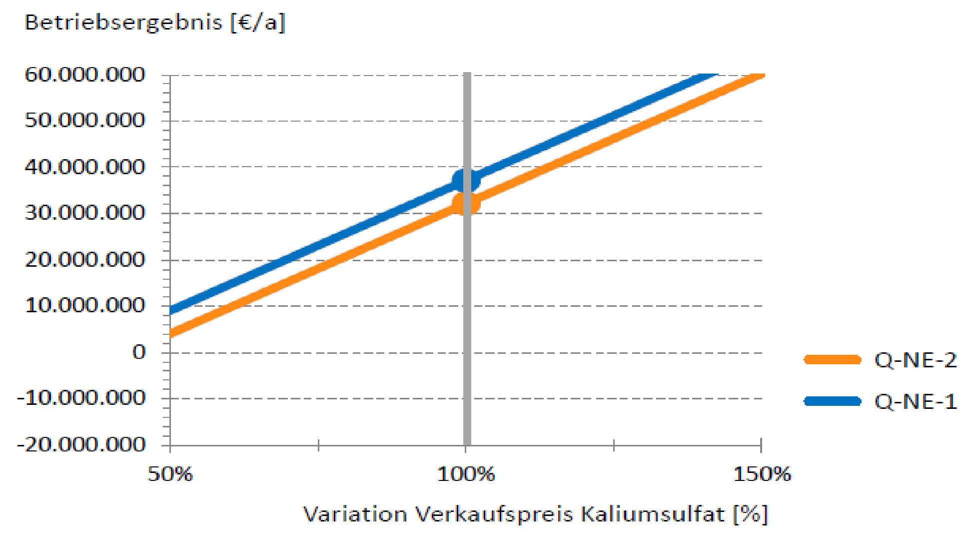


Abb. 10 Sensitivität des Betriebsergebnisses bezüglich des Verkaufspreises für K_2SO_4; aus Quicker 2013, S. 32

Hier bietet sich ein Blick auf die langfristige Entwicklung des Kalipreises an. Eine Grafik findet sich in Marx et al. 2012, dort ist die Preisentwicklung für Kaliumchloriddünger angegeben, berechnet in US$/t K_20:

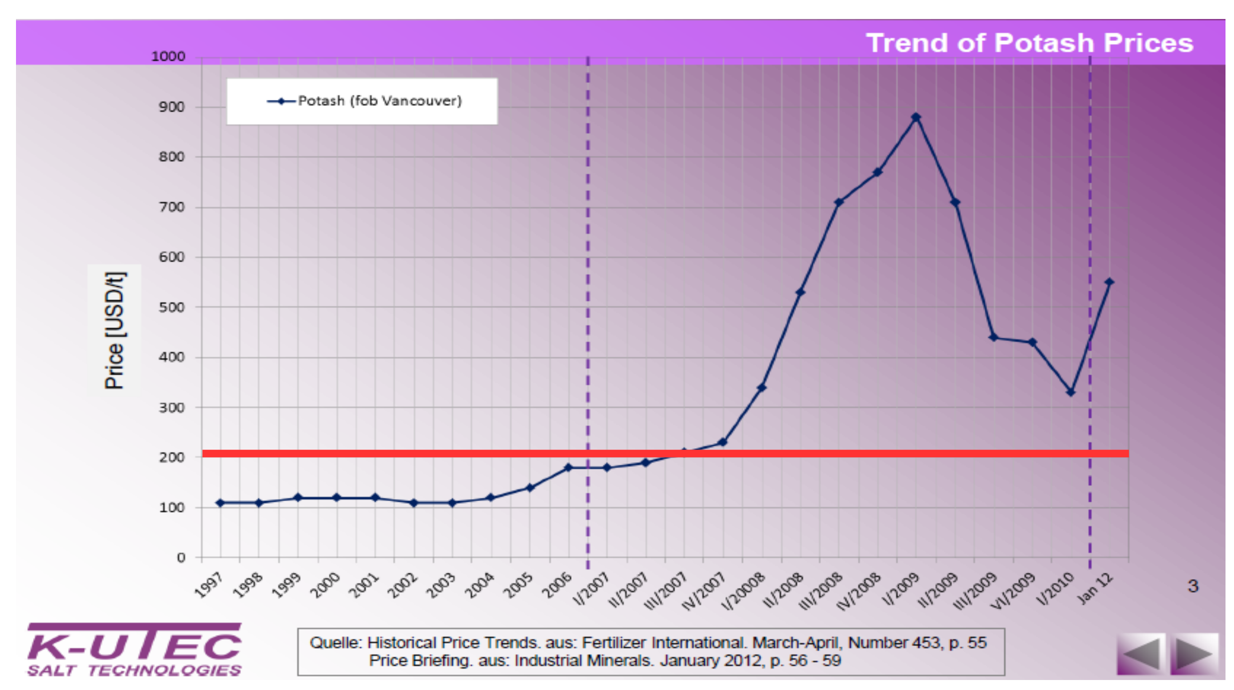


Abb. 11 Weltkalimarkt aus: Marx et al. 2012

Zum Vergleich muss die von Quicker 2013 ermittelte Grenzgröße von 225 €/t K_2SO_4 umgerechnet werden. Eine Überschlagsrechnung ergibt, dass die Eindampfanlage verlustfrei arbeitet, solange der Kalipreis nicht unter einen Wert von 205 US$/t K_2O sinkt. (errechnet 173 €/t KCl, wenn der Kaliumsulfatpreis auf 225 €/t sinkt; 1 € = 1,38 US$; Umrechnungsfaktor KCl : K_2O = 2,7).

Dieser Grenzwert ist in Abb. 10 als rote Linie dargestellt. Er ist seit 2007 nicht mehr unterschritten worden. Experten gehen davon aus, dass sich der Kalipreis langfristig bei 600 US$/t K_2O einpendeln wird. Die wirtschaftlichen Randbedingungen für eine Eindampfanlage für die Abwässer der K+S Kali GmbH können deshalb als gut bezeichnet werden.

Versatzkosten

Die Sinnhaftigkeit der Vorschläge von Marx und Quicker wird bestimmt von der Frage, ob die nicht verwertbaren Rückstände wirtschaftlich zumutbar beseitigt werden können. Es wäre jedenfalls nicht sinnvoll, die Reststoffe durch Ablagerung auf Salzhalden zu "entsorgen". Durch das Abregnen der Halden würden nur wieder neue Salzlaugen entstehen. Damit würde nicht nur ein ständiger Kreislauf von Abfallstoffen induziert, sondern es würden auch dieselben Ewigkeitslasten erzeugt, von denen das Abfallwirtschaftskonzept der K+S Kali GmbH bestimmt ist.

Die K-UTEC AG schlägt vor, die Rückstände durch Versatz in die untertägigen Hohlräume zu beseitigen. Die halbflüssige Magnesiumchloridaufschlämmung müsste vorab chemisch verfestigt werden. Diese Versatztechnologie wird in dem Versatzbwergwerk GSES Sondershausen praktiziert; sie entspricht somit dem Stand der Technik.

Zu den Kosten des Versatzes der Reststoffe sind im Endbericht des Pilotprojekts Werra-Salzabwasser unterschiedliche Angaben gemacht worden:

> *„Zurzeit werden im Auftrag des Freistaates Thüringen in Teilen des Bergwerkfeldes Merkers in den dortigen Langkammerabbaufeldern zur Abwendung von dynamischen Ereignissen (z.B. Gebirgsschlägen) die untertägigen Hohlräume versetzt. Dabei entstehen aktuell Kosten von **8 Euro/t**. Welche tatsächlichen genauen Kosten bei einem großflächigen Versatz unter Berücksichtigungen*

von Einsparungen durch Kosten für Aufhaldung, Einleitung etc. entstehen, müsste detailliert in einem eigenen Projekt untersucht werden." [19]

An anderer Stelle werden geringere Kosten für Versatzmaßnahmen angegeben:

„Im gesamten Werk Werra werden untertage jährlich ca. 20 Millionen Tonnen Rohsalz gefördert und über Tage zu Kali- und Magnesiumprodukten verarbeitet." [20] *„Bei einem Versatz von 50 % der anfallenden Mengen ergäben sich jährliche Kosten von 44 Mill. Euro"* [21]

Daraus errechnen sich Versatzkosten von **4,40 €/t**.

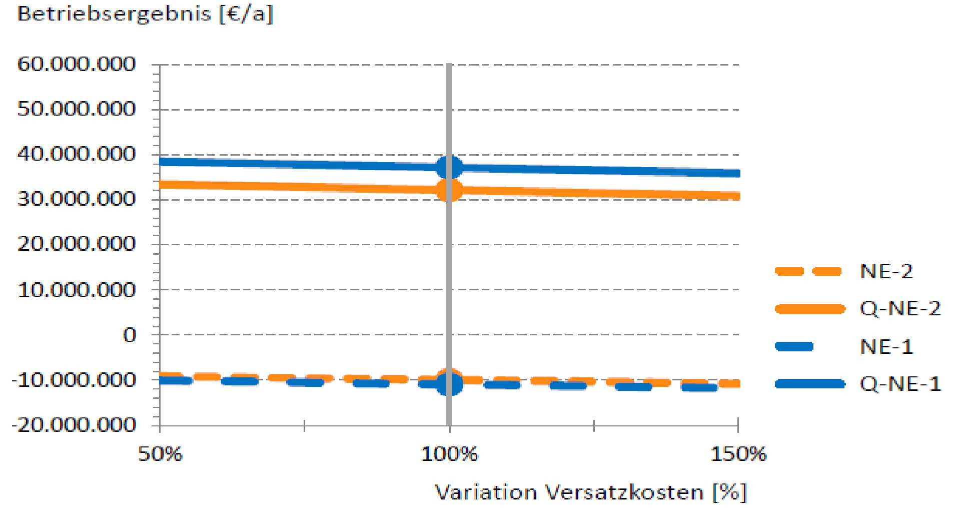


Abb. 12 Sensitivität des Betriebsergebnisses bezüglich der Versatzkosten des erzeugten Eindampfrückstandes; aus Quicker 2013, S. 32

Abb. 12 lässt erkennen, dass eine Veränderung der Versatzkosten nur einen sehr geringen Einfluss auf das Betriebsergebnis hat.

[1] Dr. Heiner Marx et al., Überlegungen zur Aufbereitung der Abstoßlösungen des Werkes Werra, 24.09.2013

[2] Prof. Dr. Peter Quicker, Entsorgung von Kaliabwässern durch Eindampfung. Evaluierung eines alternativen Entsorgungsszenarios für Kaliabwässer der K+S KALI GmbH, Juli 2013

[3] K-UTEC, Referenzen für die Verarbeitung von Mineralsalzen, Januar 2007, S. 2

[4] W. Hölzel, Sie konnten zueinander nicht finden... Über die Schwierigkeit, den technischen Fortschritt an die Werra zu bringen, Waterkant III/2012, S. 28 f.

[5] Ohne Angabe des Verfassers und des Datums:„Anmerkungen der Leitung des Runden Tisches ‚Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion' zu ‚Der Stand der Technik in der Kali-Industrie – Auswertung der Anrainerkonferenzen in Witzenhausen, Gerstungen und Bremen'"

[6] Der Leiter des Runden Tisches auf einer Podiumsdiskussion in Dippach, 06.10.2009

[7] Protokollentwurf zur 19. Sitzung Sitzung des RT vom 22.05.2012

[8] Dr. Heiner Marx et al., Überlegungen zur abstoßreduzierten bzw. abstoßfreien Produktion von Salzen, 18.09.2012

[9] K-UTEC AG, "Abstoßfrei" ist machbar - aber nicht pauschal, Waterkant I/2013, S. 26

[10] „Technische Potenziale zur Verminderung von Salzabwasser im Werk Werra, Entwurf der Leitung des Runden Tischs „Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion" im Vorfeld des Expertengesprächs am 06. Juni 2013 in Kassel, Stand 27. Mai 2013", ohne Seitenzahlen.

[11] WWA, "Selten ganz falsch, selten mehr als halb richtig, unvollständig, tendenziös und unbrauchbar: Die von der Leitung des Runden Tisches verfasste Schrift „Technische Potenziale zur Verminderung von Salzabwasser im Werk Werra, Stand 27. Mai 2013", 23.07.2013

[12] Ralf E. Krupp, Alternative Produktions-, Aufbereitungs- und Entsorgungsverfahren im Thüringisch-Hessischen Kalirevier - Betrachtungen zur Nachhaltigkeit des Kalibergbaus, Dezember 2011, S. 70 f.

[13] Marx et al., 2013, Folie 2

[14] http://www.rwth-aachen.de/go/id/czsk/

[15] ERCOSPLAN Ingnieurgesellschaft, „Reduzierung der im Werk Neuhof-Ellers der K+S KALI GmbH anfallenden Salzwässer durch Eindampfen oder Tiefkühlen," *Studie für die K+S Kali GmbH,* Erfurt, 1. Juni 2007.

[16] Quicker 2013, S. 13+14

[17]Quicker 2013, S. 3

[18] Quicker 2013, S. 28

[19] RP Kassel, Pilotprojekt Werra-Salzabwasser, Endbericht Januar 2007, S. 33

[20] RP Kassel 2007, a.a.O., S. 13

[21] RP Kassel 2007, a.a.O., S. 33